

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Posouzení budovy z hlediska nároků na tepelnou energii

Evaluation of the Building from the Aspect of Thermal Energy Consumption

Student:

Václav Maršálek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student:

Václav Maršálek

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma:

Posouzení budovy z hlediska nároků na tepelnou energii
Evaluation of the Building from the Aspect of Thermal Energy
Consumption

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte popis původní nezateplené budovy.
2. Navrhněte zateplení budovy.
3. Vypočítejte tepelné ztráty budovy - před a po zateplení.
4. Vypočítejte roční potřebu tepla na vytápění - před a po zateplení.
5. Proveďte ekonomické zhodnocení zateplení z hlediska investičních a provozních nákladů a návratnosti investice. Srovnajte pro případy vytápění zemním plynem, uhlím a biomasou.

Seznam doporučené odborné literatury:

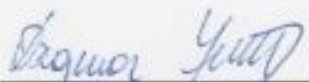
SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. 1. vydání. Praha: SNTL –Nakladatelství technické literatury, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.
VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Praha: Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Praha: Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
ČSN 730540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2012.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry

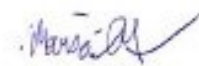



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 16. 5. 2016

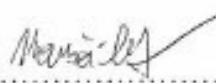

.....

Václav Maršálek

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní díky.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5.2016.....



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Václav Maršálek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Kyžlířov 21, Potštát

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MARŠÁLEK, V. Posouzení budovy z hlediska nároků na tepelnou energii: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2016, 37 s. Vedoucí práce: Honus, S.

Bakalářská práce se zabývá problematikou zlepšení vlastností rodinného domu vzhledem k potřebě tepelné energie. U tohoto domu je vypočtena celková tepelná ztráta objektu. Následně je navržena rekonstrukce v podobě zateplení budovy a výměny starých oken. Následuje opětovný výpočet tepelných ztrát. Na základě vypočtených hodnot je srovnáno několik variant vytápění, a to z hlediska nákladů na roční vytápění před a po provedení rekonstrukce. V závěru práce je vypočtena doba návratnosti investice zateplení rodinného domu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MARŠÁLEK, V. Evaluation of the Building from Aspect of Thermal Energy Consumprion: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2016, 37 p. Thesis head: Honus, S.

This bachelor thesis deals with the issue of improving the properties of the house due to need of thermal energy. First of all total heat loss of the building is computed. Consequently, the proposed reconstruction in the form of building insulation and replacing old windows. Following the heat loss was calculated again. Based on the calculated values are compared several variants of heating, and the cost of the annual heating before and after reconstruction. In the last part of this thesis is calculated payback of this recontruction.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	8
1. ÚVOD.....	9
POPIS ŘEŠENÉ BUDOVY	10
1.1 Tepelně izolační materiály	10
1.1.1 Pěnový polyuretan	10
1.1.2 Extrudovaný polystyren	11
1.1.3 Pěnový polystyren EPS.....	11
1.1.4 Minerální vlna.....	11
1.2 Složení obvodového zdiva	12
1.2.1 Složení obvodového zdiva v 1. nadzemním podlaží.....	12
1.2.2 Složení obvodového zdiva podkroví.....	12
1.2.3 Složení podlahy pod 1. nadzemním podlažím	13
2. PALIVA	14
2.1 Uhlí.....	14
2.2 Biomasa.....	15
2.3 Zemní plyn	15
3. VÝPOČET CENY REKONSTRUKCE.....	17
3.1 Výpočet ceny zateplení	17
3.2 Výpočet ceny výměny oken	18
4. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	19
4.1 Přenos tepla	19
4.1.1 Sdílení tepla vedením (kondukcí)	20
4.1.2 Sdílení tepla prouděním (konvekci).....	20
4.1.3 Sdílení tepla zářením (radiací)	21
4.2 Výpočet tepelných ztrát nezrekonstruované budovy dle ČSN 06 0210.....	22
4.2.1 Celková tepelná ztráta objektu.....	22
4.2.2 Tepelné ztráty prostupem tepla	23
4.2.3 Tepelná ztráta větráním	24
4.2.4 Výpočet celkové tepelné ztráty rodinného domu	25
4.2.5 Vypočtené hodnoty	26
4.2.6 Náklady na vytápění	27
4.3 Výpočet tepelných ztrát zrekonstruované budovy dle ČSN 06 0210	28

4.3.1	Vypočtené hodnoty	29
4.3.1	Náklady na vytápění	29
4.4	Srovnání tepelných ztrát před a po rekonstrukci a jejich vliv na náklady spojené s vytápěním budovy	30
5.	ZÁVĚR	32
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	33
	SEZNAM TABULEK.....	36
	SEZNAM OBRÁZKŮ	37
	SEZNAM PŘÍLOH.....	37

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

B	Charakteristické číslo budovy	$[\text{Pa}^{-0,67}]$
C_0	Upravená konstanta Stefan-Boltzmannova zákona	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
c	Rychlost	$[\text{m s}^{-1}]$
c_v	Objemová tepelná kapacita vzduchu	$[\text{J m}^{-3}\text{K}^{-1}]$
d	Tloušťka stěny	$[\text{m}]$
i_{LV}	Součinitel spárové průvzdušnosti	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
k_n	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
L	Délka spár otevíraných částí oken a venkovních dveří	$[\text{m}]$
l_i	Tloušťka stěny	$[\text{m}]$
M	Charakteristické číslo místnosti	$[\text{m}]$
n_h	Potřebná intenzita výměny vzduchu	$[\text{h}^{-1}]$
p_1	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	$[1]$
p_2	Přirážka na urychlení zátoku	$[1]$
p_3	Přirážka na světovou stranu	$[1]$
q	Hustota tepelného toku	$[\text{W m}^{-2}]$
Q_p	Tepelná ztráta prostupem	$[\text{W}]$
Q_v	Tepelná ztráta větráním	$[\text{W}]$
Q_z	Trvalý tepelný zisk	$[\text{W}]$
Q_i	Výhřevnost	$[\text{MJ kg}^{-1}]$
S	Plocha stěny	$[\text{m}^2]$
S_1	Plocha ochlazované části konstrukce	$[\text{m}^2]$
Δt	Teplotní rozdíl	$[\text{K}]$
t_i	Vnitřní teplota místnosti	$[\text{°C}]$
t_e	Výpočtová teplota venkovního prostředí	$[\text{°C}]$
U	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
V_v	Objemový tok větracího vzduchu	$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
α_i	Součinitel prostupu tepla (vnitřní)	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
α_e	Součinitel prostupu tepla (vnější)	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
λ_i	Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}]$
λ	Vlnová délka	$[\text{m}]$

1. ÚVOD

V současné době se majitelé domů vyrovnávají s neustálým nárůstem různých nákladů na provozování těchto domů. Významným faktorem z tohoto pohledu je náklad na vytápění, příp. klimatizaci budovy. Práce je zaměřena na problematiku tepelných ztrát budov a vytápění.

Tepelná izolace je hlavním přispěvatelem ke zlepšení energetické účinnosti budov. Množství energie potřebné na chlazení nebo vytápění závisí především na tom, jak dobře je tepelně izolován plášť budovy. [3] Náklady na vytápění v zimě a náklady spojené s chlazením v létě jsou v dnešní době zpravidla velmi vysoké, ale mohou být značně sníženy vhodnou izolací budovy. [1] Za chladného počasí energie ve formě tepla uniká skrze plášť budovy (stěny, střechu, atd.). Okna a skleněné prvky jsou obzvláště velkým zdrojem tepelných ztrát ve srovnání se stěnami a střechou, které jsou charakterizovány nízkými hodnotami prostupu tepla. [8]

Konkrétním cílem práce je posouzení vybrané budovy z hlediska nároků na tepelnou energii. Nejsou posuzovány náklady na klimatizaci. Je zřejmé, že při stávající konstrukci budovy budou nároky na vytápění rozhodně vyšší, než po provedeném dodatečném zateplení. Dalším výstupem práce je návrh na použití konkrétního materiálu zateplení a ověření předpokladu, že dojde k významné úspoře nákladů na vytápění. Současně bude proveden výpočet návratnosti vložených investic do zateplení a výměny výplně stavebních otvorů.

V úvodní části práce je výpočet tepelné ztráty dané budovy dle ČSN 06 0210 a následuje návrh vhodné tepelné izolace včetně oken. Další část práce se zaměřuje na porovnání vhodných paliv pro vytápění budovy a ohřev teplé vody. Závěrečná část se zaměřuje na srovnání tepelných ztrát budovy před a po rekonstrukci.

POPIS ŘEŠENÉ BUDOVY

Jedná se o rodinný dům, který se nachází v Kyžlířově na územní části města Potštát. Samotný dům byl postaven v roce 1998. Podsklepena je pouze třetina (přední část z čelního pohledu) domu a dům má celkově 2 nadzemní podlaží. První nadzemní podlaží o rozloze 100,38 m² se skládá z koupelny, WC, chodby se schodištěm, kuchyně, samostatné spíže, obývacího pokoje, kotelny a ložnice. Ve druhém nadzemním podlaží, tedy v podkroví je umístěno schodiště, koupelna s WC, chodba, pracovna a tři ložnice.

Vyzdívka obvodového zdiva je provedena pouze z cihel porotherm o tloušťce 450 mm a 300 mm. V současné době je dům zateplen pomocí polystyrenu. Zateplená je i střecha a to pomocí izolačních pásů Isover UNITOP vyrobených ze skelné plsti ($\lambda=0,044 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$) o tloušťce 18 cm.

Rodinný dům je vytápěn kapalným propanem, který je čerpán ze samostatného zásobníku, a spalován v plynovém kotli DAKON DUA 24RK s výkonem 9 - 24 kW a účinností 89 až 93 %. Na ohřev teplé užitkové vody je využíván plynový bojler kanadské výroby (John Wood) o kapacitě 30 galonů (přibližně 113 litrů).

1.1 *Tepelně izolační materiály*

Pojem tepelná izolace v sobě zahrnuje spoustu vlastností, které nám přesně definují jak dobře je takovýto materiál schopen izolovat. Největší důraz se klade na součinitel tepelné vodivosti λ , který je udáván v jednotkách $\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Čím menší tento součinitel je, tím má materiál vyšší účinnost tepelné izolace. Další vlastnosti jsou například součinitel difuze vodní páry, objemová hmotnost, nasákavost, cena, hořlavost, toxicita atd. Podle těchto vlastností je možno stanovit nejúčinnější tepelnou izolaci pro různé konkrétní příklady. [22]

1.1.1 **Pěnový polyuretan**

Tato izolace je velmi účinná. Používají se ve dvou formách a to v měkké formě polyuretanové pěny (molitanu), nebo tvrdé polyuretanové pěny. Ve stavebnictví je nejpoužívanějším typem tvrdá polyuretanová pěna (PUR). Je možné jej zakoupit v nejrůznějších tvarech a velikostech a také buď jako jednosložkovou nebo vícenosložkovou hmotu, která se aplikuje až na místě. Je použitelný pro teplotní rozdíl od -50 °C až do +130 °C. [23]

1.1.2 Extrudovaný polystyren

Tento polystyren má v porovnání s pěnovým polyuretanem lepší mechanické vlastnosti. Póry na povrchu jsou uzavřené, tudíž je nenasákavý. Má také nižší součinitel tepelné vodivosti $\lambda=0,03$ až $0,035 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Ovšem omezením jsou teplota vyšší než $+75^\circ\text{C}$ a nesnášenlivost organických rozpouštědel. Cenově je přibližně srovnatelný s pěnovým polyuretanem, ale není vhodný tam, kde se plně nevyužijí jeho vlastnosti (např. tepelné a chemické provozy) a mohl by být nahrazen vhodnějším tepelným izolantem. [22]

1.1.3 Pěnový polystyren EPS

Tento typ polystyrenu je díky své nízké ceně a nízkému koeficientu prostupu tepla velmi oblíbeným izolačním materiálem. Má uzavřenou buněčnou strukturu a proto je nenasákavý. Je pevnější než řezaný pěnový polystyren z bloků, ale je také dražší. Druhým typem je známější pěnový polystyren řezaný do bloků z kvádrů. Ovšem tento materiál má několik nepříznivých vlastností. Jako první z nich je smršťování do původního nenapěněného stavu. Tato změna je závislá na teplotě a čase, před kterou byl polystyren vyroben. Výrobci uvádí, že tento proces se při běžných teplotách do 85°C po několika týdnech zastaví. Další nevýhodou je to, že je rozpustný organickými rozpouštědly. Pokud není polystyren takovýmito podmínkám vystaven, není třeba se obávat, že by se tento materiál po nějakém čase „ztratil“. [23]

1.1.4 Minerální vlna

Vedle pěnového polystyrenu se jedná o nejrozšířenější tepelně izolační materiál. Vyrábí se tavením různých hornin na velmi slabá vlákna a následným lisováním do příslušných výrobků. Nejčastější surovinou, ze které se vyrábí kamenná vlna je čedič, či křemen s dalšími sklotvornými příměsemi. Výhodou u těchto materiálů je jednoduchá a lehká tvarovatelnost, nízký difúzní odpor a odolnost proti vysokým teplotám. Nevýhodou je, že každý typ tohoto výrobku má své specifické vlastnosti, tudíž při špatném výběru dochází ke ztrátě jeho vlastností. [23] Výrobky tohoto typu jsou vhodné zejména na izolaci střech, stěn, rozvodních potrubí. Naopak není příliš vhodný na izolace podlah, i když někteří výrobci u svých výrobků uvádí, že jsou vhodné na izolaci plovoucích podlah jakožto izolace proti kročejovému hluku. Poslední výhodou je přírodní původ materiálu, který je ekologicky nezávadný a lze jej bez problémů zlikvidovat. [22]

1.2 Složení obvodového zdiva

Obvodové zdi prvního nadzemního patra budovy jsou složeny z cihel porotherm tloušťky 440 mm. Obvodové zdi druhého podlaží jsou vystavěny z cihel porotherm o tloušťce 300 mm. Vnitřní vyzdívka je tvořena cihlami porotherm tloušťky 300 mm. Při výpočtu tepelných ztrát je zohledněna i vnitřní omítka o tloušťce přibližně 20 mm. V tabulkách uvedených níže jsou popsány rozdíly vnějšího pláště budovy před a po zateplení.

1.2.1 Složení obvodového zdiva v 1. nadzemním podlaží

Součinitele tepelné vodivosti jsou převzaty z katalogu materiálů. [7]

Před zateplením:

Tab. č. 1.1: Složení obvodového zdiva 1. nadzemního podlaží před zateplením

	Složení obvodové zdi	d [m]	λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Cihla porotherm	0,44	0,174
3	Omítka vnější	0,03	0,99

Po zateplení:

Tab. č. 1.2: Složení obvodového zdiva 1. nadzemního podlaží po zateplení

	Složení obvodové zdi	d [m]	λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Cihla porotherm	0,44	0,117
3	Polystyren	0,14	0,037
4	Omítka vnější	0,03	0,99

1.2.2 Složení obvodového zdiva podkroví

Před zateplením:

Tab. č. 1.3: Složení obvodového zdiva podkroví před zateplením

	Složení obvodové zdi	d [m]	λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Cihla porotherm	0,3	0,23
3	Omítka vnější	0,03	0,7

Po zateplení:

Tab. č. 1.4: Složení obvodového zdiva podkroví po zateplení

	Složení obvodové zdi	d [m]	λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Cihla porotherm	0,3	0,23
3	Polystyren	0,14	0,037
4	Omítka vnější	0,03	0,7

1.2.3 Složení podlahy pod 1. nadzemním podlažím

Tab. č. 1.5: Složení podlahy pod 1. nadzemním podlažím

	Složení podlahy	d [m]	λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]
1	Keramická dlažba	0,008	1,01
2	Teramotmel	0,004	0,22
3	Cement. Potěr	0,033	1,23
4	Polystyren	0,03	0,04

2. PALIVA

2.1 Uhlí

Uhlí zůstává významným zdrojem energie bez ohledu na skutečnost, že uhelné tepelné elektrárny jsou největšími lokálními zdroji emisí CO₂. Během posledního desetiletí uhlí pokrývalo téměř polovinu nárůstu globální poptávky po energii. Mezinárodní energetická agentura (IEA) předpovídá pokračující růst poptávky po uhlí v Číně a Indii vedoucí k budoucímu globálnímu zvýšení výroby elektrické energie z uhlí a to navzdory poklesu spotřeby uhlí zemích OECD (organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj). [12]

Uhlí jsou zuhelnatělé zbytky převážně suchozemských rostlin. Převážná část uhlí pochází z období karbonu, kdy byly pro vznik uhlí velice příhodné podmínky, které jsou kombinací velkých přírodních katastrof a horotvorná činnost. Postupem doby, kdy docházelo k úbytku přírodních katastrof vlivem stabilizace klimatu a ústupu horotvorné činnosti došlo k útlumu vzniku uhelných ložisek. Podstata tvorby fosilních paliv spočívá v odříznutí odumřelé biomasy od vzduchu (např. zakrytí vrstvou bahna o tloušťce přibližně 50 cm). Nejdříve probíhá biologický rozklad biomasy pomocí bakterií. V další fázi vzniku uhlí je nutný termický rozklad při vysokém tlaku, který může být způsoben poklesem vznikajícího ložiska do větších hloubek způsobený horotvornou činností v dané lokalitě. Vznik uhlí je časově náročný a jednotlivé meziprodukty vzniku uhlí lze rozdělit obvykle na rašelinu → lignit → hnědé uhlí → černé uhlí → antracit. [20]

Černé uhlí a antracit jsou fyto-genetické kaustobiolity prouhelněné výše než hnědé uhlí. Mezinárodně uznávaná hranice mezi černým a hnědým uhlím není jednoznačně definována, ale je akceptováno, že černé uhlí má spalné teplo na bezvodé a bezpopelové bázi rovné nebo větší než 24 MJ kg⁻¹. Jako koksovatelné uhlí je definováno černé uhlí s kvalitou, která umožňuje výrobu koksu pro vysokopeční výrobu surového železa případně k otopovým účelům. Ostatní druhy černého uhlí jsou označovány jako uhlí energetické, které slouží převážně k výrobě elektrické energie. [19]

Ačkoli se obecně lidstvo snaží od těžby uhlí ustupovat, počítá se s uhlím i do budoucna. Celosvětové zásoby uhlí se odhadují na 200 - 300 let, takže v porovnání s ropou a uranem má určitě větší budoucnost. Dnešní doba umožňuje černé uhlí šetrně přeměňovat na ekologická paliva, a tak se uhlí stává pro mnoho lidí více zajímavou surovinou. [4]

2.2 *Biomasa*

Biomasa je definována jako substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). [13] Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat. [9]

Biomasa bývá zpracována různými technologiemi – nejčastější je přímé spalování, a to především dřeva, dřevěných briket, pelet a štěpek. Kromě toho může být biomasa přeměňována na kapalná nebo plynná paliva – prostřednictvím anaerobního vyhnívání (při rozkladu organických látek bez přístupu vzduchu vzniká bioplyn), alkoholového kvašení (produktem fermentace cukrů je bioethanol) či lisování olejů (z řepkového semene je vyráběna bionafta). [11]

2.3 *Zemní plyn*

Jde o palivo komfortní a poměrně ekologické (emise oxidů síry a prachu jsou prakticky nulové), které lze využívat s vysokou účinností. Kotle se dají velmi dobře regulovat. Dodávka plynu je spolehlivá a v domě není potřeba žádný skladovací prostor. [17]

Zemní plyn je přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH_4 a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Zemní plyn je bezbarvý, sám o sobě nezapáchající, hořlavý plyn. Patří do skupiny topných plynů, využívá se k vytápění, vaření a ohřevu vody, v elektrárnách, teplárnách, v kogeneračních jednotkách a v dopravě (jako pohon motorových vozidel). Výhřevnost zemního plynu je přibližně $Q_i = 34,08 \text{ MJ m}^{-3}$. [26]

Zemní plyn z břidlice je jednou z nejdůležitějších energií naší doby, která transformuje globální energetický trh. Předpokládá se, že břidlicový plyn bude hrát velkou roli při vyplnění budoucí poptávky energie po celém světě a stane se důležitou součástí energetické politiky mnoha zemí. [25]

Na vznik zemního plynu existuje více teorií. Jelikož se zemní plyn vyskytuje velice často spolu s ropou (naftový zemní plyn) nebo s uhlím (karbonský zemní plyn), přiklání se teorie jeho vzniku nejčastěji k tomu, že se postupně uvolňoval při vzniku uhlí nebo ropy jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu. Podle teorií preferujících

organický původ zemního plynu byly tedy na začátku vzniku zemních plynů rostlinné a živočišné zbytky. Podle anorganické teorie vznikl zemní plyn řadou chemických reakcí z anorganických látek. [26]

V poslední době američtí vědci přišli s další tzv. abiogenetickou hypotézou, podle které zemní plyn vznikl štěpením uhlovodíků, které se na naši planetu dostaly v době jejího vzniku z vesmírné hmoty. Tyto vyšší uhlovodíky se postupně štěpily až na metan, který pak pronikal k povrchu Země. [26]

3. VÝPOČET CENY REKONSTRUKCE

3.1 Výpočet ceny zateplení

Pro navrhovanou izolaci jsem se rozhodl zvolit fasádní polystyren Styrotrade EPS 100F, tloušťky 140 mm. V následující tabulce jsou uvedeny ceny materiálů potřebných k celkovému zateplení budovy. V celkové ceně za m² nejsou uvedeny náklady spojené se zapůjčením lešení a práce řemeslníků, neboť tyto hodnoty jsou v různých lokalitách velice odlišné a nebylo by možné tento model použít při srovnávání s jiným objektem. Samotná realizace se bude provádět svépomocí, čímž cenu dokážeme ještě snížit.

Tab. č. 3.1: Náklady na zateplení

Materiál	Cena [Kč m ⁻²]
Polystyren 140mm	174
Hmoždinky 8ks	16
Perlinka	18
Lepidlo term. desek	24
Stěrka	16
Penetrační nátěr	36
Fasádní omítka	114
Celkem	398

Uvedené ceny včetně DPH jsou platné pro rok 2015 a jsou převzaty z internetového zdroje (e-shopu). [6] Tedy zateplení 1 m² činí 398 Kč. Ovšem k této ceně je zapotřebí ještě přičíst cenu příslušenství, jako jsou rohové profily a zakládací profily. Cenu těchto komponentů na celý dům jsem přibližně vypočítal na 10 000 Kč. Pro samotný výpočet celkových nákladů je nejdůležitější znát celkovou plochu, kterou budeme zateplovat a to i s okenními špaletami. Tuto plochu jsem spočítal na 210 m².

Výpočet celkových nákladů:

$$C_{\text{celkové}} = (C_{\text{materiálu}} * S_{\text{zateplení}}) + C_{\text{příslušenství}}$$

$$C_{\text{celkové}} = (398 * 210) + 10000 = \mathbf{93\,950\,Kč}$$

3.2 Výpočet ceny výměny oken

U stávajícího domu jsou použita stará okna s jednoduchými skly. Tudíž když tato okna vyměníme za moderní plastová okna se třemi tabulemi termoizolačního skla, měli bychom dosáhnout poměrně vysokého rozdílu v úspoře tepla.

Stará okna mají koeficient prostupu tepla přibližně $U=2,5 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$. U nových oken výrobce uvádí, že tento koeficient se přibližuje hodnotám $U=0,5 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$. [16]

Orientační cena nového okna s trojskly bez rolet a parapetu stojí v ČR 4000-5000 Kč za čtvereční metr. [18] Pro moji navrhovanou výměnu oken jsem zvolil cenu 4000 Kč za čtvereční metr. Celková plocha oken je přibližně 19 m^2 , což činí náklady ve výši 76000 Kč (pořizovací cena bez nákladů na montáž) na výměnu starých oken.

4. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

4.1 Přenos tepla

Přenos nebo také sdílení tepla je složitý děj. Při jeho popisu zavádíme řadu zjednodušení, která nám pak usnadní tvorbu modelů pro matematický popis sledovaných dějů. Sdílení tepla pak můžeme zhruba rozčlenit: tepelná výměna vedením (kondukcí), tepelná výměna prouděním (konvekcí) a tepelná výměna sáláním (zářením, radiací). [24]

Jako sdílení tepla se označuje přenos (transport) tepelné energie mezi tělesy o nestejně teplotě nebo uvnitř určitého tělesa mezi místy o nestejně teplotě. [2]

Při vedení tepla částice látky v oblasti s vyšší teplotou předávají část své střední energie prostřednictvím vzájemných srážek částicím v místech s nižší teplotou, tj. majícím nižší střední energii. Při tomto procesu se však částice nepřemísťují, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh. S šířením tepla prostřednictvím vedení se nejčastěji můžeme setkat v tělesech z pevných látek, jejichž různé části mají rozdílné teploty. Teplo se může šířit vedením také v kapalinách a plynech. Zde se však především uplatňuje přenos tepla prouděním. Obecně je možno říci, že šíření tepla prouděním (se změnou teploty se také mění hustota, což vyvolává proudění) je téměř vždy spojeno se šířením tepla vedením.

Přenos tepla zářením spočívá ve vysílání záření a jeho následném pohlcování, jež vede ke zvýšení vnitřní energie v látce, která záření absorbuje. [24]

Teplo přechází z vyšší teploty na teplotu nižší všemi třemi způsoby současně. Zpravidla však jen jeden způsob převažuje nad ostatními způsoby transportu tepla. Pokud se nejedná o extrémní teploty a tlaky, předpokládáme, že se teplo šíří v tuhých tělesech pouze vedením a v tekutinách pouze prouděním. [15]

Protože prostup tepla připomíná průtok vody potrubím nebo náboje vodičem, je zde možno nalézt řadu analogií. Z tohoto hlediska lze vedení tepla rozdělit také na :

- Ustálené (stacionární) vedení tepla; při ustáleném vedení je teplotní rozdíl mezi jednotlivými částmi tělesa stálý, tj. nezávisí na čase,
- Neustálené (nestacionární) vedení tepla; při neustáleném vedení postupně dochází k postupnému vyrovnání teplotních rozdílů mezi jednotlivými částmi těles [24]

4.1.1 Sdílení tepla vedením (kondukcí)

V různých pevných tělesech, avšak také v kapalných i plynných prostředích, která jsou v klidu nebo v pohybu, dochází k přenosu energie různými nosiči výměnou energií s látkovými částicemi. Při difúzním přenosu energie vedením tepla lze soubor určitých nosičů energie v objemu tělesa nebo prostředí uvažovat jako statický soubor nosičů se střední rychlostí, střední energií a střední volnou dráhou. [21]

Fyzikální podstata děje spočívá v pohybu strukturních částic hmoty. V plynech se uskutečňuje difúzí molekul a atomů, v kapalinách a dielektrických pevných tělesech pružným vlněním, v kovech difúzí volných elektronů.

V čisté formě dochází k vedení tepla v pevných tělesech, v tekutinách jen za podmínek, při kterých je vliv pohybu zanedbatelný. [2]

Základním zákonem vedení tepla je zákon Fourierův, který udává vztah mezi hustotou tepelného toku a teplotním gradientem:

$$q = -\lambda * \text{grad } t \quad , [W m^{-2}]$$

Záporné znaménko znamená, že tepelný tok a teplotní gradient mají jako vektory opačný smysl (teplo se šíří ve směru klesající teploty). Homogenní neomezenou rovinnou stěnou, jejíž povrchy jsou udržovány na nestejných teplotách, prochází podle Fourierova zákona tepelný tok [2]:

$$Q = \lambda * \frac{t_{s1} - t_{s2}}{l} * S \quad , [W]$$

Kde:

λje součinitel tepelné vodivosti materiálu stěny, $[W m^{-1}K^{-1}]$

t_{s1}, t_{s2} jsou časově neměnné teploty izotermických povrchů stěny, $[^{\circ}C, K]$

lje tloušťka stěny, $[m]$

Sje povrch stěny ($S = S_1 = S_2$), $[m^2]$

4.1.2 Sdílení tepla prouděním (konvekci)

Tepelné proudění nelze oddělit od vnějšího pohybu hmotného prostředí a přichází proto v úvahu pouze u tekutin (kapalin a vzdušin). V čisté formě neexistuje, neboť jak uvnitř proudící tekutiny, tak na rozhraní mezi tekutinou a pevným tělesem, je vždy doprovázeno vedením tepla. [2]

Ke sdílení tepla prouděním dochází například při styku kapaliny nebo plynu s pevnou stěnou. Při tom dochází k ochlazování nebo ohřívání tenké vrstvy tekutiny při stěně (podle

toho, je-li teplota stěny vůči tekutině vyšší nebo nižší). Vzniklý rozdíl teplot vrstev pak způsobuje přirozené proudění. [21]

V technické praxi představují tento tepelný děj nejčastěji případy ohřevu nebo ochlazování těles, různé způsoby kalení součástí, chladnutí odlitků apod. [15]

Rovnice, která vyjadřuje tepelný tok při sdílení tepla prouděním, je dána vztahem [21]:

$$Q = \alpha S \Delta t \quad , [W]$$

Kde:

Sje plocha stěny ,[m²]

Δtje teplotní rozdíl ohříváné (ochlazované) tekutiny, [K]

αje součinitel přestupu tepla, [W m⁻²K⁻¹]

4.1.3 Sdílení tepla zářením (radiací)

Podle příčin vzniku rozlišujeme různé druhy záření. Společným rysem všech druhů záření je, že k přenosu energie nepotřebují zprostředkující prostředí a ve vzduchoprázdnu se šíří rychlostí $c = 300 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$. Vzájemně se liší kmitočtem, případně z kmitočtu vypočtenou vlnovou délkou: $\lambda = c/v$, [m].

Úvahy v této části budou zaměřeny na tepelné záření, tj. záření, které vzniká v důsledku tepelného stavu tělesa. [2]

Sálání je přirozená vlastnost těles a můžeme říci, že při něm každé těleso vysílá záření. [3] Dopadající zářivá energie může být tělesem jednak odražena, jednak popuštěna a jednak pohlcena. Odrazivost (reflexe) tělesa je schopnost tělesa odrážet na svém povrchu dopadající záření zpět do prostoru. Propustnost tělesa je schopnost tělesa propouštět beze změny dopadajícího záření. [21]

Pohltivost a odrazivost záření u tělesa závisí především na jakosti povrchu a také na barvě povrchu. V praxi má tento poznatek význam především při konstrukci různých zařízení, např. bílé chladničky a mrazáky (aby se co nejvíce záření odrazilo), v létě nosíme především světlé oblečení. Chceme-li naopak, aby se co nejvíce záření pohltilo, volíme černou barvu povrchu. Předchozí poznatky lze označit jako empirické. Ve skutečnosti je radiodistribuce záření velmi složitý problém kvantové mechaniky. [24]

Integrální zářivý tok vyjadřuje zákon Stefanův-Boltzmannův [2]:

$$E_0 = C_0 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad , W m^{-2}$$

Kde:

$C_0 = \sigma * 10^8 = 5,67 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$ je upravená konstanta Stefanova-Boltzmannova zákona

4.2 Výpočet tepelných ztrát nezrekonstruované budovy dle ČSN 06 0210

Postup výpočtu je proveden dle normy ČSN 06 0210 : Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Celá tato kapitola je opisem z normy. [5]

Pro stanovení celkové tepelné ztráty musíme stanovit tepelné ztráty obvodových stěn, střechy a podlahy v nejnižším podlaží.

K výpočtu této ztráty jsou zapotřebí následující informace:

- 1, Orientaci budovy vzhledem ke světovým stranám, nadmořskou výšku dané lokality, postavení okolních budov.
- 2, Půdorysné plány jednotlivých podlaží se všemi hlavními rozměry, včetně rozměrů oken a dveří.
- 3, Konstrukční výšky jednotlivých podlaží.
- 4, Vlastnosti použitých stavebních konstrukcí.
- 5, Součinitele průdušnosti oken a součinitele prostupu tepla dveří a oken.

4.2.1 Celková tepelná ztráta objektu

Je dána součtem tepelné ztráty prostupem tepla a tepelnými ztrátami větráním sniženou o trvalé tepelné zisky.

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad ,[\text{W}]$$

Kde:

Q_p - je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

Q_v - je tepelné ztráta větráním, [W]

Q_z - je trvalý tepelný zisk, [W]

V mém případě se budu zabývat pouze výpočtem celkové tepelné ztráty, tak trvalé tepelné zisky zanedbám.

4.2.2 Tepelné ztráty prostupem tepla

Tepelnou ztrátu prostupem tepla Q_p určíme pomocí vztahu:

$$Q_p = Q_0 * (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad , [W]$$

Kde:

p_1 -je přírážka na vyrovnání vlivu chladným konstrukcí, [-]

p_2 - je přírážka na urychlení zátoku, [-]

p_3 - je přírážka na světovou stranu, [-]

Q_0 je základní tepelná ztráty prostupem tepla (je dána součtem tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničující vytápěnou místnost do venkovního prostředí).

$$Q_0 = k_1 * S_1 * (t_1 - t_{e1}) + k_2 * S_2 * (t_1 - t_{e2}) + \dots + k_n * S_n * (t_1 - t_{en})$$

Kde:

S_1, S_2, \dots, S_n -je plocha ochlazované části konstrukce, [m²]

k_1, k_2, \dots, k_n -je součinitel prostupu tepla

t_1 -je vnitřní výpočtová teplota, [°C]

$t_{e1}, t_{e2}, \dots, t_{en}$ -je výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce, [°C]

Přirážka p_1 na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

$$p_1 = 0,15 * k_c$$
$$k_c = \frac{Q_0}{\Sigma A * (t_1 - t_e)} \quad , [W \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}]$$

Kde:

ΣA je celková plocha konstrukcí ohraničující místnost

t_1 - je výpočtová vnitřní teplota, [°C]

$t_{e1}, t_{e2}, \dots, t_{en}$ -je výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce, [°C]

S přírážkou p_2 na urychlení zátoku počítáme pouze v případě, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění.

O výši přírážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce a při více ochlazovaných konstrukcích je teplota jejich společného rohu.

U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s největší přírážkou.

Přirážka na světovou stranu

Tab. č. 4.1: Přirážka na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

4.2.3 Tepelná ztráta větráním

Stanovím dle vztahu:

$$Q_v = 1300 * V_v * (t_1 - t_e) \quad , [W]$$

Kde:

V_v -je objemový tok větracího vzduchu, $[m^3 s^{-1}]$

(za V_v se dosadí větší z hodnot V_{vh} a V_{vp})

C_v -je objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě $0^\circ C$), $[J m^{-3} K^{-1}]$

(tj. přibližně při teplotě $t_m = 0,5 * (t_1 + t_e) * C_t = 1300$), $[J m^{-3} K^{-1}]$

t_1 -je výpočtová vnitřní teplota, $[^\circ C]$

t_e -je výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce, $[^\circ C]$

Objemový tok větracího vzduchu prostoru V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduch n_h , $[h^{-1}]$

Potřebný tok vypočteme ze vztahu:

$$V_{vh} = \frac{n_h}{3600} * V_m \quad , [m^3 s^{-1}]$$

Kde:

V_m -je vnitřní objem místnosti, $[m^3]$

n_h -potřebná intenzita výměny vzduchu, $[h^{-1}]$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu V_{vp} stanoví dle vztahu:

$$V_{vp} = \Sigma(i_{LV} * L) * B * M \quad , [m^3 s^{-1}]$$

Kde:

$\Sigma(i_{LV} * L)$ -je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří

i_{LV} -součinitel spárové průvzdušnosti

L -délka spár otvíraných částí oken a venkovních dveří

B -charakteristické číslo budovy

M -charakteristické číslo místnosti

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti i_{LV} oken i venkovních dveří jsou uvedeny v katalogu výrobce.

4.2.4 Výpočet celkové tepelné ztráty rodinného domu

Dle normy ČSN 06 0210 volím charakteristické číslo budovy $B=3[\text{Pa}^{0,67}]$, která odpovídá normální chráněné krajině a jedná se o řadovou budovu.

Výpočtová venkovní teplota pro otopný systém budovy je zvolena $t_e = -12\text{ °C}$ pro oblast Přerov.

Výpočet součinitelů přestupu tepla:

Základní vztah:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Kde:

α_i -je celkový součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny, $[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$

α_e -celkový součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stěny, $[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$

l_i -tloušťka stěny, $[\text{m}]$

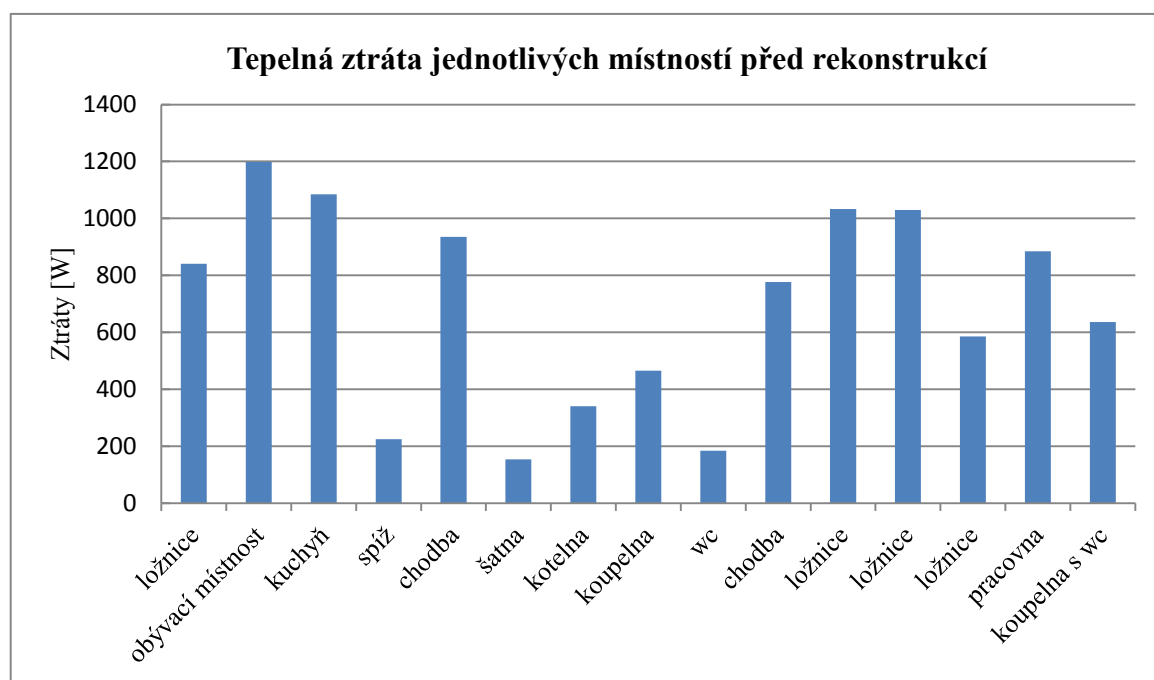
λ_i -součinitel tepelné vodivosti, $[\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}]$

4.2.5 Vypočtené hodnoty

Veškeré výpočty byly provedeny pomocí programu Stavební fyzika 2010 Ztráty. Ve výpočtech nejsou zohledněny tepelné mosty.

Tab. č. 4.2: Tepelné ztráty jednotlivých místností před zateplením

Podlaží	Název místnosti	Vytápěná plocha [m ²]	Objem vzduchu [m ³]	Celková ztráta [W]	% z celkové ztráty [%]
1	ložnice	16,2	43,8	841	8,1
1	obývací místnost	24,7	66,8	1198	11,5
1	kuchyň	20,6	55,8	1085	10,5
1	spíž	5,3	14,3	224	2,2
1	chodba	11,8	31,8	935	9,0
1	šatna	5,7	15,4	153	1,5
1	kotelna	5,4	14,6	340	3,3
1	koupelna	8	21,6	465	4,5
1	wc	2,7	7,3	184	1,8
2	chodba	23	41,9	777	7,5
2	ložnice	18,6	61,8	1033	10
2	ložnice	18,6	61,8	1030	9,9
2	ložnice	11,3	37,3	585	5,6
2	pracovna	16,1	53,4	884	8,5
2	koupelna s wc	9,1	30,2	636	6,1
Součet		197,1	558	10371	100



Obr. č. 4.1: Tepelná ztráta jednotlivých místností před rekonstrukcí

Tab. č. 4.3: Tepelné ztráty budovy před rekonstrukcí

	Tepelná ztráta [W]
Součet tepelných ztrát prostupem	6 847
Součet tepelných ztrát větráním	3 130
Celková tepelná ztráta	10 371

Výpočet roční potřeby energie a paliva na vytápění byl proveden metodikou dle Ptákové (1998) pomocí programu Stavební fyzika 2010.

Celková roční potřeba tepla na vytápění je 23 345,6 kWh.

4.2.6 Náklady na vytápění

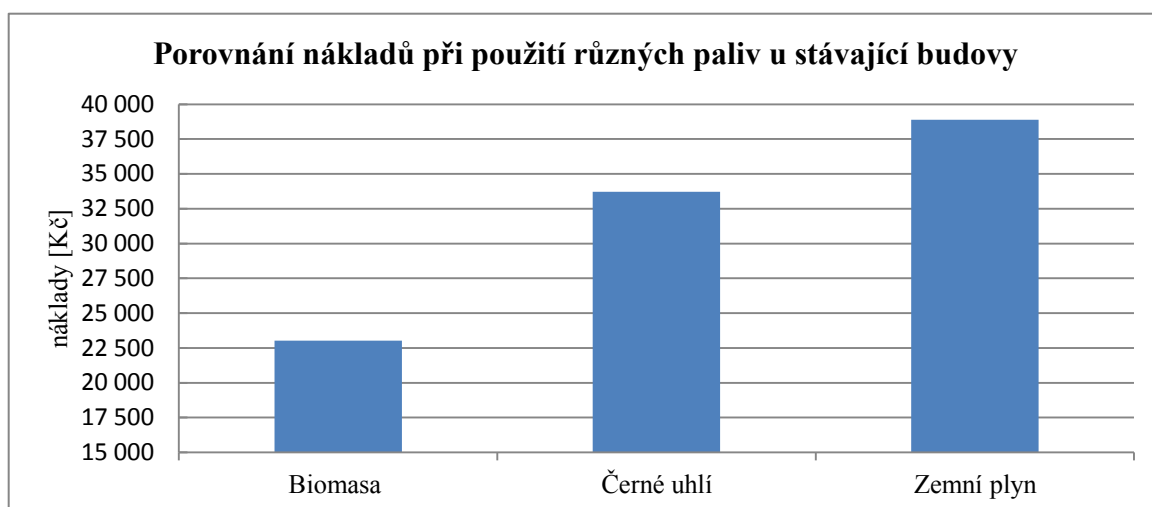
Ceny paliv jsou převzaty z katalogu. [6]

Tab. č. 4.4: Náklady na vytápění před rekonstrukcí při použití tuhých paliv

Palivo	Roční spotřeba [kg]	Cena za 1 kg paliva [Kč]	Roční náklady [Kč]
Biomasa	7671	3	23 014
Černé uhlí	6612	5,1	33 719

Tab. č. 4.5: Náklady na vytápění před rekonstrukcí při použití zemního plynu

Palivo	Roční spotřeba [m ³]	Cena na 1 m ³ [Kč]	Roční náklady [Kč]
Zemní plyn	2772	12,79	38 897

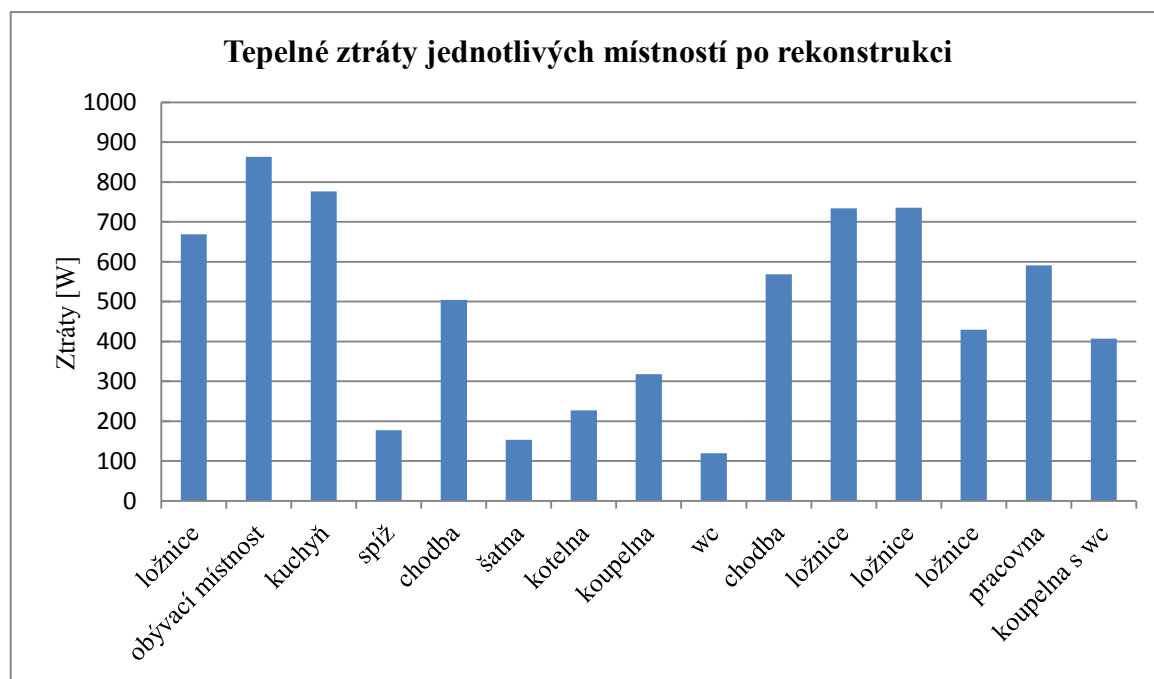


Obr. č. 4.2: Porovnání nákladů při použití různých paliv u stávající budovy

4.3 Výpočet tepelných ztrát zrekonstruované budovy dle ČSN 06 0210

Tab. č. 4.6: Tepelné ztráty jednotlivých místností po rekonstrukci

Podlaží	Název místnosti	Vytápěná plocha [m ²]	Objem vzduchu [m ³]	Celková ztráta [W]	% z celkové ztráty [%]
1	ložnice	16,2	43,8	669	9,2
1	obývací místnost	24,7	66,8	863	11,9
1	kuchyň	20,6	55,8	776	10,7
1	spíž	5,3	14,3	177	2,4
1	chodba	11,8	31,8	504	6,9
1	šatna	5,7	15,4	153	2,1
1	kotelna	5,4	14,6	227	3,1
1	koupelna	8	21,6	318	4,4
1	wc	2,7	7,3	119	1,6
2	chodba	23	41,9	568	7,8
2	ložnice	18,6	61,8	734	10,1
2	ložnice	18,6	61,8	735	10,1
2	ložnice	11,3	37,3	429	5,9
2	pracovna	16,1	53,4	591	8,1
2	koupelna s wc	9,1	30,2	407	5,6
Součet		197,1	558	7269	100



Obr. č. 4.3: Tepelné ztráty jednotlivých místností po rekonstrukci

4.3.1 Vypočtené hodnoty

Tab. č. 4.7: Tepelné ztráty budovy po rekonstrukci

	Tepelná ztráta [W]
Součet tepelných ztrát prostupem	3 746
Součet tepelných ztrát větráním	3 130
Celková tepelná ztráta	7 270

Celková roční potřeba tepla na vytápění je 16 365,1 kWh.

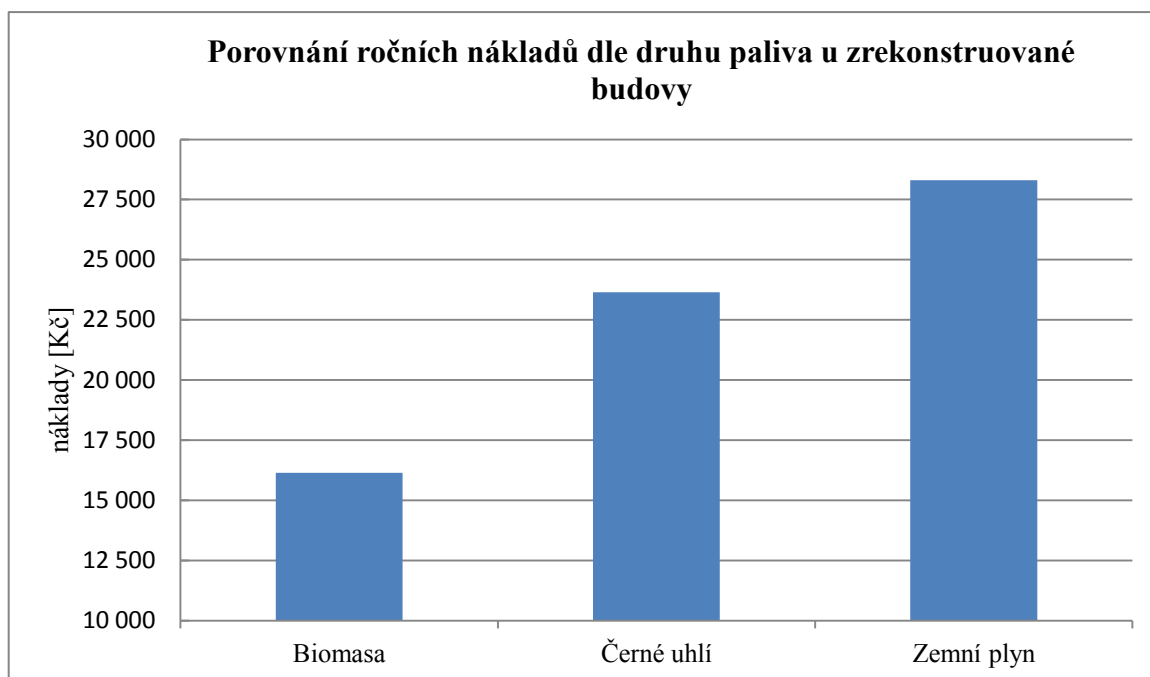
4.3.1 Náklady na vytápění

Tab. č. 4.8: Náklady na vytápění po rekonstrukci při použití tuhých paliv

Palivo	Roční spotřeba [kg]	Cena za 1 kg paliva [Kč]	Roční náklady [Kč]
Biomasa	5379	3	16 137
Černé uhlí	4343	5,1	23 643

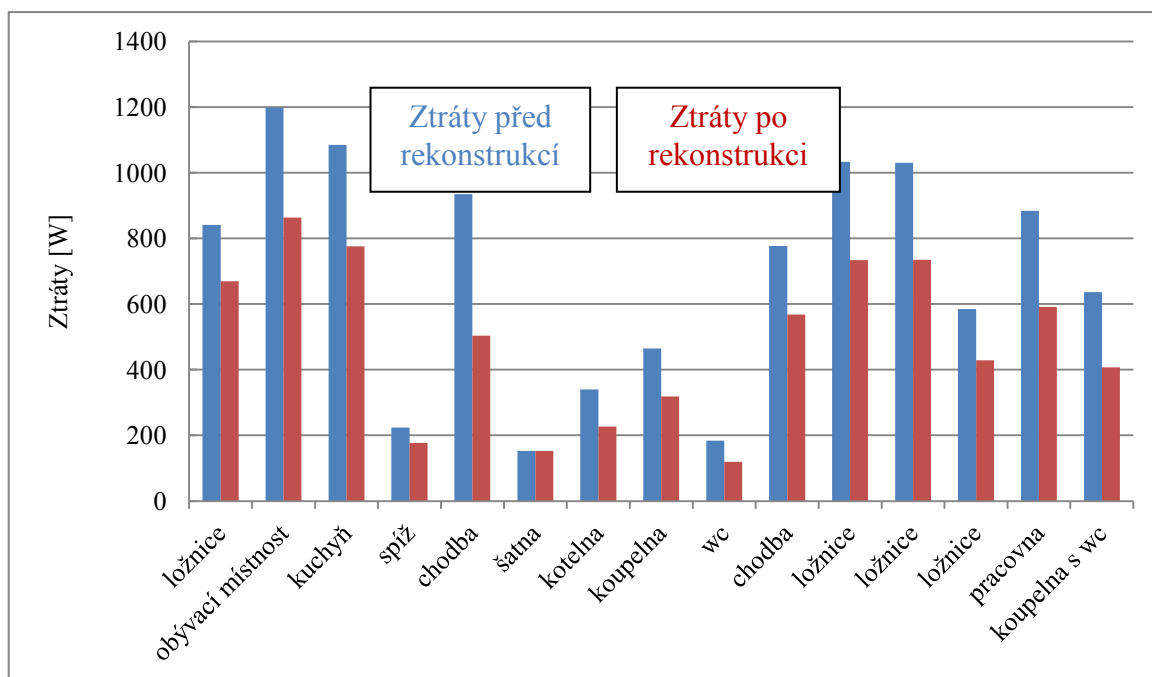
Tab. č. 4.9: Náklady na vytápění po rekonstrukci při použití zemního plynu

Palivo	Roční spotřeba [m ³]	Cena na 1 m ³ [Kč]	Roční náklady [Kč]
Zemní plyn	1944	12,79	28 307



Obr. č. 4.4: Porovnání nákladů při použití různých paliv u zrekonstruované budovy

4.4 Srovnání tepelných ztrát před a po rekonstrukci a jejich vliv na náklady spojené s vytápěním budovy



Obr. č. 4.5: Srovnání tepelných jednotlivých místností ztrát před a po rekonstrukci

Největší úspora tepelné energie je viditelná u chodby prvního podlaží viz Obr. č. 4.5, jelikož tato chodba je umístěna na okrajové části domu. Naopak žádná změna nenastala u šatny, vzhledem k jejímu umístění a to uprostřed budovy.

Pro vytápění budovy jsou vybrány tři různé typy paliv a je vypočítána jejich roční spotřeba a náklady. V tabulce č. 4.10 jsou srovnány náklady na vytápění budovy biomasou, černým uhlím a zemním plynem před a po rekonstrukci. Úspora u všech těchto paliv je přibližně 30 %, avšak rozdílná cena generuje různé rozdíly v nákladech. Na obrázku č. 4.6 jsou graficky srovnány náklady na vytápění před a po rekonstrukci.

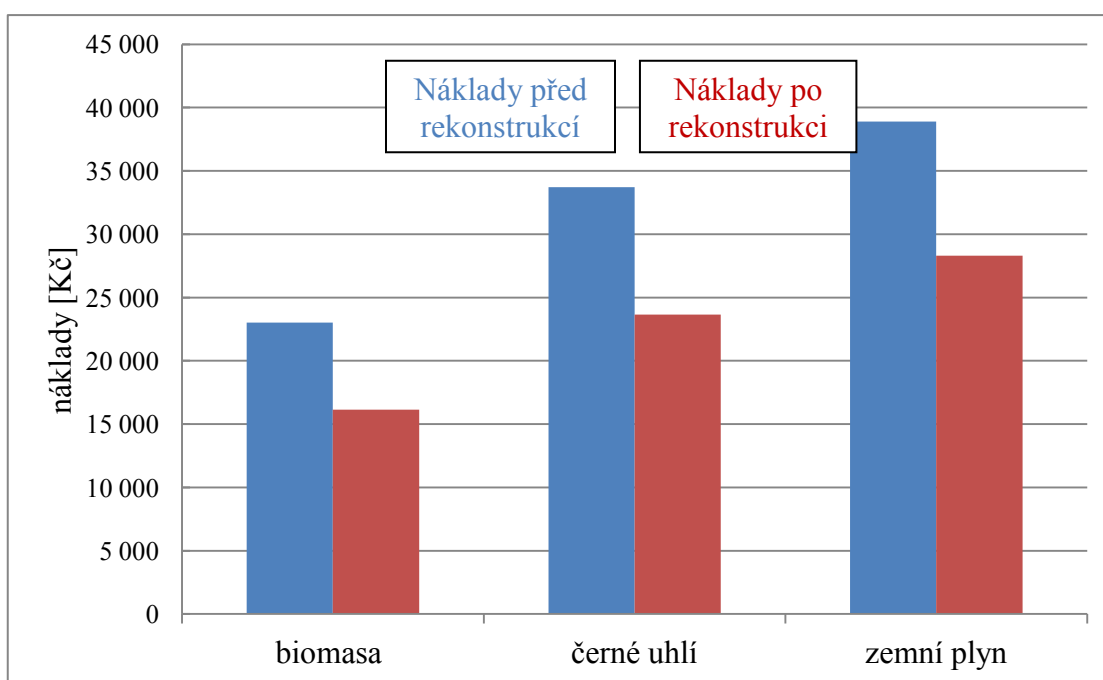
Tab. č. 4.10: Roční úspora po provedení rekonstrukce

Palivo	Náklady před rekonstrukcí [Kč]	Náklady po rekonstrukci [Kč]	Úspora [Kč]
Biomasa	23 014	16 137	6 877
Černé uhlí	33 719	23 643	10 076
Zemní plyn	38 897	28 307	10 590

V další části práce byla vypočítána návratnost investice po provedené rekonstrukci při vytápění různými druhy paliv viz tab. č. 4.11.

Tab. č. 4.11: Návratnost investice

Palivo	Celková investice na rekonstrukci [Kč]	Roční úspora [Kč]	Návratnost [roky]
Biomasa	169 950	6 877	24,7
Černé uhlí		10 076	16,8
Zemní plyn		10 590	16



Obr. č. 4.6 Srovnání nákladů před a po rekonstrukci

5. ZÁVĚR

Záměrem této bakalářské práce bylo posouzení vybrané budovy z hlediska nároků na tepelnou energii. Konkrétně navrhnout vhodné úpravy na stávající budově tak, aby došlo k maximální úspoře nákladů na tepelnou energii. Stanovení těchto úspor a výpočet doby návratnosti vložených investic.

V první řadě byl proveden výpočet celkové tepelné ztráty a tepla potřebného na vytápění této budovy. Posléze bylo navrženo vhodné zateplení a taktéž výměna starých oken. Byly vypočítány hodnoty tepelných ztrát po provedené rekonstrukci a určení množství paliva potřebného na vytápění za rok, vč. jeho ceny (viz Obr. 4.6). Tím bylo dosaženo záměru mé práce a současně potvrzen předpoklad dosažení značných úspor. Z tabulky 4.10 je patrné, že vhodnou izolací budovy dokážeme značně ušetřit na nákladech za vytápění a také podstatně snížíme tepelné ztráty budovy (viz. Obr. 4.5). Úspory na vytápění se po provedené rekonstrukci dle typu předpokládaného druhu paliva pohybují do 30 %. Celková investice se majiteli objektu dle druhu zvoleného paliva navrátí přibližně do 16 let, i vzhledem k předpokládanému růstu cen energií. Konkrétní návratnost investice dle druhu zvoleného paliva je znázorněna v tabulce číslo 4.11.

Závěry této práce vycházejí z teoretických výpočtů a předpokladů. Mohou posloužit majiteli objektu jako podklad pro rozhodnutí o provedení rekonstrukce a výběr použité technologie, příp. materiálu pro realizaci úprav.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BINICI, Hanifi, Orhan AKSOGAN a Ceyda DEMIRHAN. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*. 2016, **20**, 17-26. DOI: 10.1016/j.scs.2015.09.004. ISSN 22106707. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670715300305>.
2. BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla: sylabus: návody do cvičení*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996, 109 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-902-0011-7.
3. CAO, Xuan, Junjie LIU, Xiaodong CAO, Qian LI, Eric HU a Fenghua FAN. Study of the thermal insulation properties of the glass fiber board used for interior building envelope. *Energy and Buildings*. 2015, **107**, 49-58. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.08.007. ISSN 03787788. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778815301924>.
4. Černé uhlí [online].[cit. 2016-4-27]. Dostupný z: <<http://www.cerneuhli.cz/>>
5. ČSN 06 0210, Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Praha: ČNI, 1994
6. Eshop - stavební materiály [online]. [cit. 2015-12-11]. Dostupný z: <[www: http://www.zatepleni-fasad.eu/eshop-stavebni-material/](http://www.zatepleni-fasad.eu/eshop-stavebni-material/)>.
7. Katalog stavebních materiálů [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupný z: < [www: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html](http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html) >.
8. KONROYD-BOLDEN, Edmund a Zaiyi LIAO. Thermal window insulation. *Energy and Buildings*. 2015, **109**, 245-254. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.10.005. ISSN 03787788. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778815303170>.
9. MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.

10. NOSKIEVIČ, Pavel. *Spalování uhlí*. 2.vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0204-X.
11. ORAVOVÁ, Monika. *Obnovitelné zdroje energie (nejen) pro knihovny*. Ostrava: Moravskoslezská vědecká knihovna v Ostravě, 2010. ISBN 978-80-7054-125-8.
12. PANDIT, Jai Kant, Trent HARKIN, Clare ANDERSON, Minh HO a Barry HOOPER. Analysis of a precipitating solvent absorption process for reducing CO₂ emissions from black coal fired power generation. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 2014, **29**, 50-60. DOI: 10.1016/j.ijggc.2014.07.009. ISSN 17505836. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1750583614002084>.
13. PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
14. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva [online]. [cit. 2016-3-15]. Dostupný z: http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=126.8.
15. SAZIMA, Miroslav, Vladimír KMONÍČEK a Jiří SCHNELLER. *Teplo*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 592s. Technický průvodce (Státní nakladatelství technické literatury), sv. 2. ISBN 8003000432.
16. Sklo [online]. [cit. 2015-12-26]. Dostupný z: <http://www.okplast.cz/okna/sklo/>.
17. SRDEČNÝ, Karel a František MACHOLDA. *Úspory energie v domě*. Praha: Grada, 2004. Profi. ISBN 80-247-0523-0.
18. STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 9788024748085.

19. Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny: (statistické údaje do roku 2009) [online]. [cit. 2016-4-18]. ISSN: 1801-6693. Dostupný z: <<http://www.geology.cz/extranet/publikace/online/surovinove-zdroje/SUROVINOVE-ZDROJE-CESKE-REPUBLIKY-2010.pdf>>
20. ŠKORPÍK, Jiří. Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady. *Transformační technologie*, 2011-04, [last updated 2011-06]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupný z: <<http://www.transformacni-technologie.cz/fosilni-paliva-jejich-vyuziti-v-energetice-a-ekologicke-dopady.html>>
21. ŠORIN, S. *Sdílení tepla*. Praha: SNTL, 1968, ISBN 000475918
22. ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 1999, ISBN 80-716-9851-2.
23. ŠUBRT, Roman. *Tepelná izolace v otázkách a odpovědích*. Praha: BEN-technická literatura, 2008, ISBN 978-80-7300-03
24. VOLF, Ivo., JAREŠOVÁ, M a Ouhrabka, Miroslav. *Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku*. Dostupný z: <<http://fyzikalniolympiada.cz/texty/texttz.pdf>>.
25. WANG, Qiang a Rongrong LI. *Natural gas from shale formation: A research profile*. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.093. ISBN 10.1016/j.rser.2015.12.093. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032115014768>.
26. Zemní plyn [online]. [cit. 2016-1-27]. Dostupný z: < [www: http://www.zemniplyn.cz/](http://www.zemniplyn.cz/)>.

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1.1 Složení obvodového zdiva 1. Nadzemního podlaží před zateplením

Tab. č. 1.2 Složení obvodového zdiva 1. Nadzemního podlaží po zateplení

Tab. č. 1.3 Složení obvodového zdiva podkroví před zateplením

Tab. č. 1.4 Složení obvodového zdiva podkroví po zateplení

Tab. č. 1.5 Složení podlahy pod 1. nadzemním podlaží

Tab. č. 3.1 Náklady na zateplení

Tab. č. 4.1 Přírážka na světovou stranu

Tab. č. 4.2 Tepelné ztráty jednotlivých místností před zateplením

Tab. č. 4.3 Tepelné ztráty budovy před rekonstrukcí

Tab. č. 4.4 Náklady na vytápění před rekonstrukcí při použití tuhých paliv

Tab. č. 4.5 Náklady na vytápění před rekonstrukcí při použití zemního plynu

Tab. č. 4.6 Tepelné ztráty jednotlivých místností po zateplení

Tab. č. 4.7 Tepelné ztráty budovy po rekonstrukci

Tab. č. 4.8 Náklady na vytápění po rekonstrukci při použití tuhých paliv

Tab. č. 4.9 Náklady na vytápění po rekonstrukci při použití zemního plynu

Tab. č. 4.10 Roční úspora po provedení rekonstrukce

Tab. č. 4.11 Návratnost investice

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 4.1 Tepelná ztráta jednotlivých místností před rekonstrukcí

Obr. č. 4.2 Porovnání nákladů při použití různých paliv u stávající budovy

Obr. č. 4.3: Tepelné ztráty jednotlivých místností po rekonstrukci

Obr. č. 4.4: Porovnání nákladů při použití různých paliv u zrekonstruované budovy

Obr. č. 4.5: Srovnání tepelných ztrát jednotlivých místností před a po rekonstrukci

Obr. č. 4.6 Srovnání nákladů před a po rekonstrukci

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Půdorys 1. Nadzemního podlaží

Příloha B – Půdorys podkroví

Příloha C – Řez budovou